

POWER MODULE HAVING IMPROVED TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE**Publication number:** DE10062108**Publication date:** 2002-06-27**Inventor:** TADROS YEHA (DE); THOBEN MARKUS (DE); PALM GERHARD (DE)**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)**Classification:****- international:** *H01L25/07; H01L23/373; H01L25/18; H01L25/07; H01L23/34; H01L25/18; (IPC1-7): H01L23/051; H01L23/10***- European:** H01L23/373L**Application number:** DE20001062108 20001213**Priority number(s):** DE20001062108 20001213**Also published as:**

WO0249104 (A3)

WO0249104 (A2)

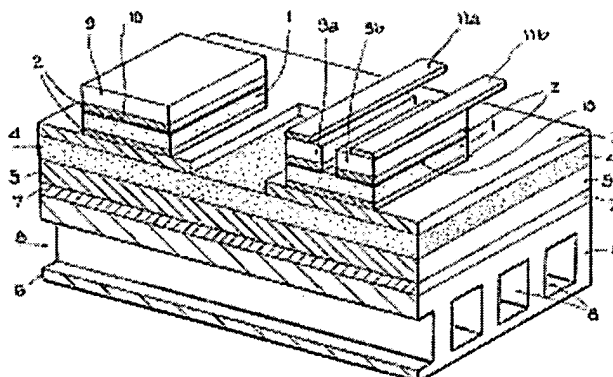
US6812559 (B2)

US2004056346 (A1)

EP1364402 (A0)

[Report a data error here](#)**Abstract of DE10062108**

The invention relates to an electronic power module consisting of at least one electronic power component, a DCB ceramic substrate, a cooling body and at least one additional heat capacitor. According to the invention, a) the electronic power components are connected, on their lower layer, to the upper copper layer of the DCB ceramic substrate by means of a sintered layer, b) the upper copper layer of the DCB ceramic substrate is structured in the form of copper strip conductors for electrically contacting the power components, c) the lower copper layer of the DCB ceramic substrate is connected to a cooling body by means of a sintered layer, and d) the upper sides of the power components are connected to an additional heat capacitor by means of a sintered layer.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

EP 35420 10
⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 62 108 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
H 01 L 23/051
H 01 L 23/10

⑲ Aktenzeichen: 100 62 108.2
⑳ Anmeldetag: 13. 12. 2000
㉑ Offenlegungstag: 27. 6. 2002

⑦ Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑧ Erfinder:
Tadros, Yehia, Dr.-Ing., 13465 Berlin, DE; Thoben,
Markus, Dipl.-Ing., 63071 Offenbach, DE; Palm,
Gerhard, 38173 Sickinge, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE	34 14 065 A1
US	59 66 291
US	57 86 230
US	56 54 586
EP	02 42 626 B1
WO	99 19 906 A2

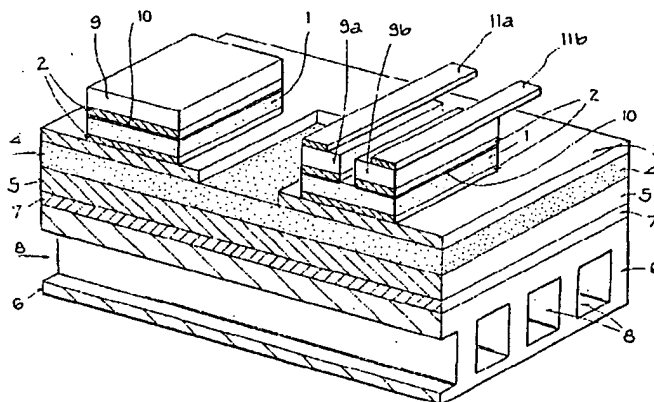
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Leistungsmodul mit verbessertem transienten Wärmewiderstand

⑤⑦ Ein erfindungsgemäßes elektronisches Leistungsmodul besteht aus mindestens einem elektronischen Leistungsbauelement, einem DCB-Keramiksубстрат, einem Kühlkörper und mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität, wobei

- a) die elektronischen Leistungsbauelemente über eine Sinterschicht an ihrer Unterseite mit der oberen Kupferschicht des DCB-Keramiksубстрат verbunden sind,
- b) die obere Kupferschicht des DCB-Keramiksубстрат zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbauelemente in Kupferleiterbahnen strukturiert ist,
- c) die untere Kupferschicht des DCB-Keramiksубстрат über eine Sinterschicht mit einem Kühlkörper verbunden ist,
- d) die Oberseiten der Leistungsbauelemente über eine Sinterschicht mit einer zusätzlichen Wärmekapazität verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Aufbau aus einem elektronischen Leistungsbauelement, wie z. B. einem Hochleistungsrichter, einem IGBT, einem Leistungs-MOSFET, Leistungsdioden oder Kombinationen von Leistungsbauelementen auf einer DCB-Keramik. Die DCB-Keramik des Leistungsbauelementes wird direkt mit einem Kühlkörper gekühlt, um die Verlustleistung des Leistungsbauelementes abzuführen.

[0002] Um den Wärmewiderstand zwischen Leistungsbauelement und elektrischer Kontaktschicht zu verringern hat man in der EP 0 242 626 B1 vorgeschlagen, die Leistungsbauelemente an ihrer Unterseite mit einer Paste zu versehen, die in einem Lösungsmittel ein Metallpulver, vorzugsweise ein Silberpulver enthält, und diese vorbehandelten Leistungsbauelemente mit Hilfe eines Drucksintervervfahrens mit einer flächig ausgebildeten Kontaktschicht zu verbinden. Durch die flächig ausgebildeten Kontakte sowie durch die Verwendung von hochwärmeleitfähigem Silber zu Kontaktierung konnte der Wärmeübergang zwischen Leistungsbauelement und Kontaktierungsschicht verbessert werden.

[0003] Weitere Verbesserungen der Kühlung von Leistungsbauelementen gelangen in der Vergangenheit mit sogenannten DCB-Keramiken (DCB = Direct Copper Bonding). In der DE 197 00 963 A1 wird hierzu vorgeschlagen auf ein beidseitig mit Kupfer kaschiertes Keramiksubstrat die Leistungsbauelemente auf die Oberseite der DCB-Keramik zu löten und die Unterseite der DCB-Keramik auf eine als Schaltungsträger wirkende Metallplatte zu löten. Diese Metallplatte gibt die Verlustwärme an ein angeschlossenes Kühlsystem weiter. Die obere Kupferschicht der DCB-Keramik wird strukturiert (unterbrochen) wodurch Leiterbahnen zur Kontaktierung der Leistungsbauelemente an ihrer Unterseite gebildet werden. Die weitere Kontaktierung der Leistungsbauelemente erfolgt an deren Oberseite mit Bonddrähten.

[0004] Wollte man die Vorzüge beider vorbeschriebenen Prozesse, einmal das Drucksintern von Leistungsbauelementen auf eine Kontaktierungsschicht und zum anderen das Auflöten einer DCB-Keramik auf eine Metallplatte zur weiteren Verbindung der Metallplatte an ein Kühlsystem miteinander kombinieren, so müßten mindestens zwei verschiedene Prozeßtechnologien für den Aufbau eines Leistungsbauelementes eingesetzt werden, nämlich Drucksintern und Löten. Zur Herstellung der Verbindung an ein Kühlsystem wird in der Regel noch eine weitere Prozeßtechnologie notwendig, da die metallische Grundplatte des Leistungsbauelementes in herkömmlicher Weise mit einer Wärmeleitpaste an das Kühlsystem angeschlossen wird. Der Einsatz mehrerer, verschiedener Prozeßtechnologien in der Aufbau- und Verbindungstechnik von Leistungsbauelementen macht den Herstellungsprozeß der Leistungsbauelemente jedoch aufwendig und teuer.

[0005] Ausgehend von dem vorbeschriebenen Stand der Technik stellt sich die erfindungsgemäße Aufgabe ein Leistungsmodul mit einem verbesserten thermischen Verhalten anzugeben, das gegenüber thermischen Lastwechseln weitgehend unempfindlich ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Leistungsmodul, dessen Aufbau lediglich mit dem Drucksintervervfahren verbunden ist. Zur zusätzlichen Verbesserung des transienten thermischen Verhaltens werden die Leistungsbauelemente mit zusätzlichen Wärmekapazitäten bestückt.

[0007] Ein erfindungsgemäßes elektronisches Leistungsmodul besteht aus mindestens einem elektronischen Lei-

stungsbauelement, einem DCB-Keramiksustrat, einem Kühlkörper und mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität, wobei

- a) die elektronischen Leistungsbauelemente über eine Sinterschicht an ihrer Unterseite mit der oberen Kupferschicht des DCB-Keramiksustrates verbunden sind,
- b) die obere Kupferschicht des DCB-Keramiksustrates zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbauelemente in Kupferleiterbahnen strukturiert ist,
- c) die untere Kupferschicht des DCB-Keramiksustrates über eine Sinterschicht mit einem Kühlkörper verbunden ist,
- d) die Oberseiten der Leistungsbauelemente über eine Sinterschicht mit einer zusätzlichen Wärmekapazität verbunden sind.

[0008] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Leistungsmoduls sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0009] Mit der Erfindung werden hauptsächlich die folgenden Vorteile erzielt:

Durch den Verzicht auf eine metallische Grundplatte, die im herkömmlichen Modulaufbau von Leistungsmodulen eingesetzt wird, um das Modul auf einen Kühlkörper zu montieren, wird die Wärmeabfuhr der Verlustwärme aus den Leistungsbauelementen in den Kühlkörper verbessert. Die direkte Verbindung der DCB-Keramik mit einem Kühlkörper verbessert den stationären thermischen Widerstand des erfindungsgemäßen Leistungsmoduls gegenüber herkömmlichen Aufbauten um bis zu 50%.

[0010] Durch das verringerte Volumen des Aufbaus aufgrund des Verzichts auf eine herkömmliche Grundplatte, verringert sich auch die Wärmekapazität des Aufbaus, was für das transiente thermische Verhalten von Bedeutung ist. Um die verbesserten Wärmedurchgänge des erfindungsgemäßen Leistungsmoduls auch bei transienten Wärmebelastungen optimal auszunutzen, enthält das Leistungsmodul zusätzliche Wärmekapazitäten an der Oberfläche der Leistungsbauelemente. Hierdurch werden kurzzeitig auftretende Spitzenwerte der thermischen Verlustleistung in den Wärmekapazitäten zwischengepuffert und dadurch das transiente thermische Verhalten des Leistungsmoduls verbessert. Durch die direkt an den Leistungsbauelementen angeordneten Wärmekapazitäten wird der transiente thermische Widerstand des Leistungsmoduls um 25-30% verringert, vorzugsweise halbiert.

[0011] Die durchgehende Verwendung des Drucksintervervfahrens als Verbindungstechnik für den Aufbau des Leistungsmoduls erhöht gegenüber einem in konventioneller Löttechnik aufgebauten Leistungsmodul entscheidend dessen Lastwechselfestigkeit gegenüber thermischen Lastwechseln. Bei thermischen Lastwechseln im Temperaturbereich von minus 55°C bis 125°C kann mit einem in Drucksintervervbindungstechnik aufgebauten Leistungsmodul eine Steigerung der Lastwechselfestigkeit um mindestens dem Faktor 12 gegenüber einem im Lötverbindung aufgebauten Leistungsmodul erzielt werden.

[0012] Im Gegensatz zu Weichlötprozessen entsteht die Sinterverbindung infolge einer Festkörperreaktion. Das hat zur Folge, daß die Drucksintervervbindung, die bei einer Prozesstemperatur im Bereich von 215°C bis 250°C hergestellt wird, bei gleichen oder sogar deutlich höheren Betriebstemperaturen eingesetzt werden kann. Einerseits ist daher eine nachfolgende Montage von Komponenten bei gleicher Prozeßtemperatur möglich, so daß Probleme wie das Löten mit Loten unterschiedlicher Schmelztemperatur entfallen. An-

dererseits ist die Drucksinter-technik auch für den Aufbau zukünftiger Leistungsbau-elementgenerationen auf SiC-Basis (Siliziumkarbid-Basis) einsetzbar, ohne daß hierzu Modifikationen in der Prozeß-technologie notwendig sind.

[0013] Ein weiterer Vorteil liegt in der Qualität einer Drucksinter-Verbindung. Insbesondere bei großen Flächen sind in Löt-Verbindungen oftmals Lunker (Luft-einschlüsse) vorhanden. Teilweise nehmen die Lunker bis zu 50% der Löt-Verbindung ein und verursachen somit einen Anstieg des thermischen Widerstandes. Die Drucksinter-Verbindung läßt sich dagegen auch für große Flächen mit geringer Schicht-dicke von kleiner 30 Mikrometern in lunkerfreier Qualität fertigen.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen dargestellt und näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 einen schematischen Aufbau eines wasser-gekühlten erfindungsgemäßen Leistungsmoduls mit ober-seitig montierten Wärmekapazitäten aus Molybdaen.

[0016] Fig. 2 einen schematischen Aufbau eines wasser-gekühlten erfindungsgemäßen Leistungsmoduls mit ober-seitig montierter DCB-Keramik.

[0017] In Fig. 1 sind zwei elektronische Leistungsbauelemente 1, vorzugsweise Halbleiterleistungsbauelemente, mit einer Drucksinterschicht 2 auf einer Kupferschicht 3 aufgebracht. Die Kupferschicht 3 dient der elektrischen Kontaktierung der Leistungsbauelemente an deren Unterseite. Hierzu kann die Kupferschicht zur Ausbildung mehrerer getrennter Leiterbahnen strukturiert oder unterbrochen sein. Dadurch können auch mehrere Leistungsbauelemente unabhän-gig von einander kontaktiert werden. Die Kupferschicht 3 ist Bestandteil einer Sogenannten DCB-Keramik (Direct Copper Bonding Keramik). Die DCB-Keramik besteht aus einer oberen Kupferschicht 3, einer Keramikschicht 4 und einer unteren Kupferschicht 5. Die Keramikschicht 4 ist bei-spielsweise aus Aluminiumoxid, vorzugsweise aus Al_2O_3 , gebildet. Die untere Kupferschicht dient der weiteren Ver-bindung des Aufbaus mit einem Kupferkühlkörper 6. Auch diese Verbindung wird mit einer weiteren Drucksinter-schicht 7 hergestellt. Vorzugsweise ist der Kupferkühlkörper mit Kühlkanälen 8 ausgestaltet, so daß auch hohe Verlustlei-stungen mit einem Kühlmedium, das in den Kühlkanälen fließt, abgeführt werden können. Der Kupferkühlkörper 6 übernimmt hauptsächlich die stationäre Kühlung der Lei-stungsbauelemente 1. Für kurzzeitig auftretende transiente Wärmebelastungen der Leistungsbauelemente sind an der Oberseite der Leistungsbauelemente zusätzliche Wärmeka-pazitäten 9, 9a, 9b angebracht. Auch diese Wärmekapazitäten sind mit einer Drucksinterschicht 10 auf den Leistungs-bauelementen 1 angebracht. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Wärmekapazitäten 9 aus Molybdaen ge-fertigt.

[0018] Die Drucksinter-Verbindungsschichten 2, 7, 10 wer-den hergestellt, indem auf mindestens eine der jeweilig zu verbindenden Flächen ein in einem Lösungsmittel aufge-schlammtes Silberpulver aufgebracht wird. Anschließend wird das Aufschlammmittel bei einer Temperatur von 150°C bis 250°C verdampft. Die zu verbindenden Flächen werden aufeinander gelegt und die Silberschicht wird bei 215°C bis 250°C und 40 Mpa über eine Dauer von 1 bis 2 Minuten in einer Presse versintert. In der Presse wird der Druck über ei-nen Silikonkautschuk an die Bauelemente angekoppelt um hydrostatische Verhältnisse zu erreichen.

[0019] Die zu verbindenden Flächen müssen für die An-wendung von Drucksinterverfahren oxydfrei sein. Es emp-fiehlt sich deshalb vor dem Verbinden der Flächen eine ent-sprechende Behandlung der Flächen um eventuell vorhan-dene Oxydschichten zu entfernen. Ein andere Möglichkeit

ist es, die miteinander zu verbindenden Bauteile jeweils mit einer Edelmetallschicht, wie Silber oder Gold, zu metallisie-ren. Ein Vergoldung verhindert zuverlässig auch über eine längere Lagerzeit der einzelnen Bauteile das Entstehen von Oxydschichten auf den Oberflächen der Bauteile. In einer besonders bevorzugten Ausführung eines Leistungsmoduls sind deshalb, die Leistungsbauelemente 1, die DCB-Kera-mik 3, 4, 5, der Kupferkühlkörper 6 sowie die Wärmekapazi-täten 9, 9a, 9b, 12 jeweils vergoldet.

[0020] Zur weiteren Kontaktierung der Leistungsbauelemente an deren Oberseite können auf die Wärmekapazitäten 9, 9a, 9b elektrische Kontakte 11a, 11b angebracht sein. Falls mehrere Kontakte an der Oberseite angebracht werden sollen, empfiehlt es sich, auch mehrere getrennte Wärmeka-pazitäten an der Oberseite anzubringen, da ansonsten die verschiedenen Kontakte 11a, 11b durch eine einzige Wärmekapazität aus Molybdaen kurzgeschlossen würden. Die zusätzlichen Kontakte an der Oberseite des Leistungsmoduls können in herkömmlicher Bonddraht-technologie ausgeführt werden. Ein Aufschmelzen der Drucksinterschich-tien im Leistungsmodulaufbau ist hierbei, wie eingangs er-läutert, nicht zu befürchten. Wann immer möglich empfiehlt sich jedoch auch für die Kontakte 11a, 11b die Drucksinter-technik. In der Fig. 1 sind die oberen elektrischen zusätzli-chen Kontakte 11a, 11b deshalb als Kupferlaschen ausgebil-det, die ebenfalls im Drucksinterverfahren mit dem Lei-stungsmodul verbunden sind. Auf eine Darstellung der her-kömmlichen Bonddrahtkontaktierungen wurde verzichtet. Flächige Drucksinter-Verbindungen der Kupferlaschen an den Molybdaen-Wärmekapazitäten fördern zusätzlich die Wärmeableitung aus den Wärmekapazitäten in die Kupfer-laschen.

[0021] In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind die drei getrennten Molybdaen-Wärmekapazitäten aus Fig. 1 durch eine einteilige Wärmekapazität 12 in Form einer DCB-Keramik ersetzt. Auch diese DCB-Keramik ist aus ei-ner unteren Kupferschicht 13, einer Keramikschicht 14 und einer oberen Kupferschicht 15 gebildet. Auch in diesem Ausführungsbeispiel ist die einteilige Wärmekapazität 12 mit Drucksinterschichten 10 an der Oberseite der elektroni-schen Leistungsbauelemente 1 angebracht. Zur Kontaktie-rung der Leistungsbauelemente 1 an deren Oberseite, kann die untere Kupferschicht 13 der DCB-Keramik strukturiert und unterbrochen sein, so daß in der Kupferschicht Leiterbahnen zur getrennten Kontaktierung der Leistungsbauelemente gebildet werden. Die Ausbildung einer einteiligen Wärmekapazität hat Vorteile beim Aufbau des Leistungsmoduls, da lediglich ein Bauteil mit der Oberseite der Lei-stungsbauelemente verbunden werden muß. Der Einsatz der oberseitig montierten DCB-Keramik zur elektrischen Ver-schaltung der Leistungsbauelemente ergibt zudem eine nie-derinduktive Kontaktierung der Leistungsbauelemente, so daß Schaltverluste vermindert werden und die Schaltzeiten der Leistungsbauelemente verkürzt werden. Die DCB-Kera-miken sind bevorzugt mit Aluminium-Silizium-Karbid (Al-SiC) Keramiken gebildet.

[0022] Laborversuche haben ergeben, daß für die Molyb-daen-Wärmekapazitäten aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 Schichtdicken von 2 Millimetern bis 3 Millimetern besonders vorteilhaft sind. Mit Molybdaen-Wärmekapazitäten einer Stärke von 2 Millimetern läßt sich sowohl der tran-siente thermische Widerstand, als auch der stationäre ther-mische Widerstand, eines erfindungsgemäßen Leistungsmoduls im Vergleich zu einem herkömmlich aufgebauten Lei-stungsmodul in Löt-Verbindungstechnik und ohne zusätzli-che Wärmekapazitäten halbieren. Der transiente thermische Widerstand ist hierbei definiert als das Verhältnis des maxi-malen Temperaturhubes des Leistungsbauelementes bei ei-

ner transienten Wärmebelastung zur zeitlichen gemittelten stationären Verlustleistung. Die Halbierung der thermischen Widerstände erlaubt die Verdoppelung der Verlustleistungsdichte, mit der der erfindungsgemäße Leistungsmodul im Vergleich mit einem herkömmlichen Leistungsmodul betrieben werden kann.

[0023] Auch mit der oberseitig angeordneten Wärmekapazität aus DCB-Keramik entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 werden die thermischen Widerstände deutlich verbessert. Um für eine Wärmekapazität aus DCB-Keramik eine Halbierung der thermischen Widerstände zu erzielen, muß jedoch zwischen der oberseitig angeordneten DCB-Keramik und den Leistungsbauelementen eine 0,8 Millimeter starke Molybdaenschicht angebracht werden.

[0024] Ein im Drucksinterverfahren aufgebautes Leistungsmodul ist besonders geeignet zum Einsatz in hohen Umgebungstemperaturen und bei Umgebungsbedingungen, bei denen viele thermische Lastwechsel stattfinden. Eine Umgebung mit für Halbleiterbauelemente hohen Temperaturen und mit häufigen thermischen Lastwechseln findet sich beispielsweise in der unmittelbaren Umgebung einer Verbrennungsmaschine, beispielsweise im Motorraum eines Kraftfahrzeuges. In dieser Anwendung sind die Leistungsbaulemente vorteilhafterweise SiC-Leistungsbaulemente. Siliziumkarbid basierte Halbleiterbauelemente weisen die notwendige thermische Stabilität für Hochtemperaturanwendungen bis ca 250°C auf.

Patentansprüche

1. Elektronisches Leistungsmodul bestehend aus mindestens einem elektronischen Leistungsbaulement (1), einem DCB-Keramiksubstrat (3, 4, 5), einem Kühlkörper (6) und mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12), wobei
 - a) die elektronischen Leistungsbaulemente (1) über eine Sinterschicht (2) an ihrer Unterseite mit der oberen Kupferschicht (3) des DCB-Keramiksubstrates verbunden sind,
 - b) die obere Kupferschicht (3) des DCB-Keramiksubstrates zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) in Kupferleiterbahnen strukturiert ist,
 - c) die untere Kupferschicht (5) des DCB-Keramiksubstrates über eine Sinterschicht (7) mit einem Kühlkörper verbunden ist,
 - d) die Oberseite der Leistungsbaulemente (1) über eine Sinterschicht (10) mit mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12) verbunden sind.
2. Leistungsmodul nach Anspruch 1, bei dem die Sinterschichten (2, 7, 10) im Drucksinterverfahren bei Temperaturen im Bereich von 210°C bis 250°C und einem Druck von 40 Megapascal hergestellt sind.
3. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die zusätzlichen Wärmekapazitäten (9, 9a, 9b) aus Molybdaen sind.
4. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die zusätzliche Wärmekapazität (12) eine DCB-Keramik ist.
5. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die zusätzliche Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12) aus dem Verbundwerkstoff AlSiC gebildet sind.
6. Leistungsmodul nach Anspruch 4, bei dem zwischen der Wärmekapazität (12) und den Leistungsbaulementen (1) jeweils eine Molybdaenschicht angeordnet ist.
7. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch

gekennzeichnet, daß die Leistungsbaulemente (1) jeweils über die zusätzlichen Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12) an ihrer Oberseite kontaktiert werden.

8. Leistungsmodul nach Anspruch 7, bei dem die Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) an ihrer Oberseite mittels Bonddrahtkontaktierung erfolgt.

9. Leistungsmodul nach Anspruch 7, bei dem die Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) mittels Kupferlaschen (11a, 11b) erfolgt, die mit einer Sinterschicht mit den zusätzlichen Wärmekapazitäten (9a, 9b) verbunden sind.

10. Leistungsmodul nach Anspruch 7, bei dem die Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) mittels der unteren Kupferschicht (13) der zusätzlichen Wärmekapazität (12) erfolgt, die als DCB-Keramik ausgebildet ist.

11. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Kühlkörper (6) ein Kupferkühlkörper ist.

12. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Kühlkörper (6) zusätzlich Kühlkanäle (8) aufweist, in denen ein Kühlmedium zur Aufnahme der Verlustwärme der Leistungsbaulemente (1) fließt.

13. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Leistungsbaulemente (1) SiC-Leistungsbaulemente sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

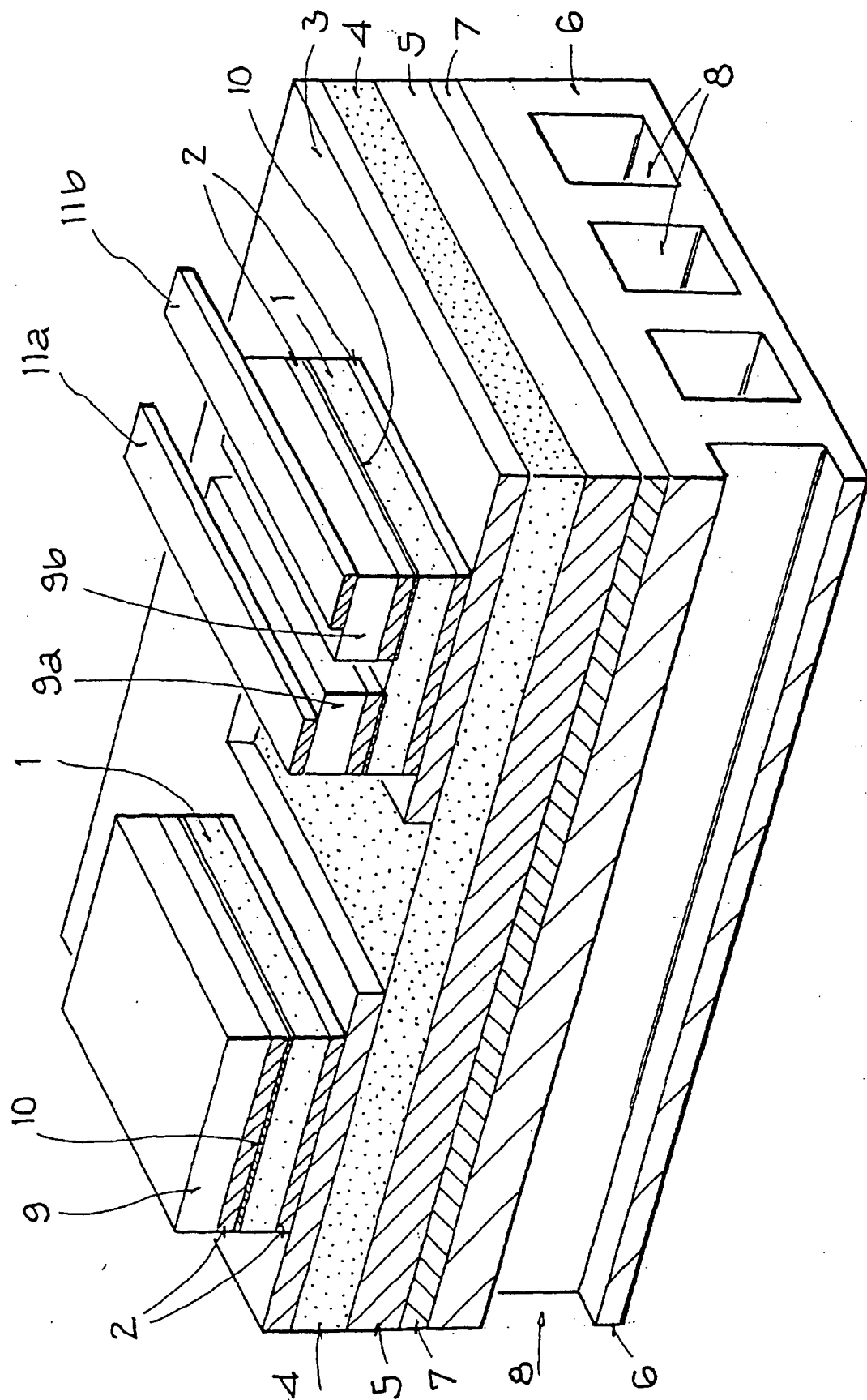


FIG. 1

